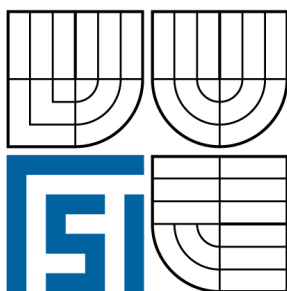


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

APLIKACE PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ V OBLASTI OBRÁBĚNÍ

INDUSTRIAL ROBOT APPLICATION IN AREA MACHINING TECHNOLOGY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MICHAL STANĚK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. RADEK KNOFLÍČEK, Dr.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Michal Staněk

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Aplikace průmyslových robotů v oblasti obrábění

v anglickém jazyce:

Industrial robot application in area machining technology

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Klasifikace a třídění průmyslových robotů a manipulátorů (PRaM)
2. Současnost nasazování PRaM v průmyslu
3. Výběr typických příkladů nasazení PRaM v technologii obrábění

Cíle bakalářské práce:

1. Podání přehledu aplikací v technologii obrábění (soustružením, frézováním, broušením a pod.)
2. Podání příkladů robotizovaných technologických pracovišť obrábění (RTP)

Seznam odborné literatury:

- (1) Kolíbal, Z.: Průmyslové roboty I – Konstrukce PRaM, skriptum VUT Brno, 1993
- (2) Kolíbal, Z. – Kadlec, Z.: Průmyslové roboty II – Konstrukce výstupních hlavic a periférií, skriptum VUT Brno, 1993
- (3) Ehrenberger, Z., Kolíbal, Z.: Průmyslové roboty III – robotické systémy vyšších generací, skriptum VUT Brno, 1993
- (4) Bělohoubek, P., Kolíbal Z.: Průmyslové roboty IV – projektování výrobních systémů s PRaM, skriptum VUT Brno, 1993
- (5) Talácko, J., Matička, R.: Konstrukce PRaM, ČVUT Praha, 1995

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/09.

V Brně, dne 25.11.2008



Ing. Petr Blecha, Ph.D.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ANOTACE

Tato práce se zabývá aplikací průmyslových robotů a manipulátorů v oblasti obrábění, nastiňuje vývoj tohoto dynamicky se rozvíjejícího odvětví a další jeho možný posun. Seznamuje nás se základním tříděním a rozdělením průmyslových robotů a manipulátorů (PRaM). Autor podává přehled jednotlivých způsobů použití PRaM s několika typickými příklady správného využití různých typů v technologických procesech (soustružení, frézování, broušení a pod.) tak, aby docházelo k efektivnímu zvyšování produktivity. Práce obsahuje i popis a fotodokumentaci dvou robotizovaných technologických pracovišť, které byly na autorem osobně navštívené a zdokumentované.

Tato práce má ukázat jednoznačné výhody začleňování automatizačních prvků do strojího průmyslu a vysvětlit základní pojmy týkající se daného odvětví.

KLÍČOVÁ SLOVA

Robot, robotika, manipulátor, automatizace, obrábění, mechanismus, průmysl, technologie

ANNOTATION

This study analyzes the application of industrial robots and manipulators in the area of cutting. It portrays the evolution of this dynamic sector and its next possible advancement. It explains the basic categorization and division of industrial robots and manipulators (IRM). The author offers an overview of various applications of IRM, with typical examples of the correct use of different types in technological processes (turning, milling, grinding etc.) in order to effectively increase the production. The study also describes two robotized technological work sites that the author personally visited and documented in detail.

This study is supposed to show the indisputable advantages of employing the automating elements into the mechanical engineering and to explain the basic concept of this industry.

KEYWORDS

Robot, robotics, manipulators, automatization, machining, mechanics, industry, technology

Bibliografická citace práce:

STANĚK, M. *Aplikace průmyslových robotů v oblasti obrábění*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 24 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.

P r o h l á š e n í

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma **Aplikace průmyslových robotů a manipulátorů v oblasti obrábění** jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.“

V Brně dne :

Podpis:

P o d ě k o v á n í

Děkuji tímto doc. Ing. Radku Knoflíčkoví, Dr. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce a Ing. Miroslavu Dvořákovi za umožnění prohlídky robotizovaných pracovišť, které se nachází v podniku ZKL, a. s. v Brně.

V Brně dne :

Podpis:

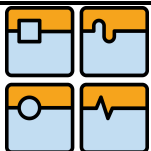


Obsah

1.	Úvod do problematiky	2
2.	Definice pojmu robot	3
3.	Průmyslové roboty a manipulátory (PRaM)	4
3.1.	Klasifikace průmyslových robotů a manipulátorů	4
3.1.1.	Jednoúčelové manipulátory	4
3.1.2.	Víceúčelové manipulátory	4
3.1.3.	Synchronní manipulátory	5
3.1.4.	Univerzální manipulátory	5
3.1.5.	Manipulátory s pevným programem	5
3.1.6.	Manipulátory s proměnlivým programem	5
3.1.7.	Kognitivní roboty	6
3.2.	Třídění PRaM	7
3.3.	Základní typy PRaM	8
3.4.	Definice pracovního prostoru PRaM	11
3.5.	Stručný přehled výrobců PRaM	11
4.	Technologie obrábění vhodné pro robotizaci	13
4.1.	Stručný přehled a výběr vhodných typů obráběcích strojů pro robotizaci	14
4.1.1.	Obráběcí centra (OC)	14
4.1.2.	Programově řízené obráběcí stroje	15
4.1.3.	Stavebnicové stroje	16
4.1.4.	Výrobní linky	16
4.2.	Možnost nasazení PRaM v oblasti obrábění	17
5.	Robotizované technologické pracoviště (RTP)	18
6.	Příklady realizovaných RTP	21
6.1.	RTP nalezené na internetu	21
6.2.	RTP v podniku ZKL, a. s. Brno	21
6.2.1.	RTP s obsluhujícím robotem FANUC	21
6.2.2.	RTP s portálovým manipulátorem GÜDEL	23
7.	Závěr	25
8.	Použitá literatura	27

Seznam použitých nestandardních zkratk

PRaM	průmyslový robot a manipulátor
PR	průmyslový robot
M	manipulátor
RTP	robotizované technologické pracoviště
OC	obráběcí centrum



1. Úvod do problematiky

V dnešní době se kladou čím dál vyšší nároky na efektivitu výroby. Dosažené výrobky musí mít vysokou kvalitu a přitom jejich cena a doba výroby nesmí být nijak vysoká. Toto vše nemůže být splněno bez vývoje automatizace, modernizace a technologickým procesů. Existuje přímá závislost mezi efektivitou a těmito prvky.

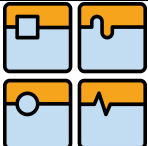
Je ale třeba se na tuto problematiku dívat tzv. globálně. Nelze se zaměřit pouze na stroj, ale je nutné brát v úvahu i všechny ostatní aspekty výroby, které jsou s tímto pevně svázány. Například doprava materiálu, kontrola, měření, výměna nástrojů, lidský faktor atd. Inovace v technologických procesech nám umožnila vylepšit tyto aspekty a hlavně jejich vzájemnou koordinaci na takovou možnou úroveň, aby nevznikaly zbytečné prostoje nebo chyby.

V posledních desetiletích posloužila k rozvoji automatizace a modernizace především počítačová technika a její velice rychlý rozvoj, který dal vzniknout novým strojům, jako jsou jednoúčelové speciální stroje, číslicově řízené stroje, automatické linky, průmyslové roboty a manipulátory.

Začlenění těchto strojů a svázání s vhodnými technologickými procesy má příznivý vliv na již zmíněnou efektivitu výroby a následkem je i přímé nahrazení člověka strojem. Člověk je osvobozen od namáhavé a často velice monotónní práce. V některých odvětvích průmyslu, je toto velice přínosné, především tam, kde člověk musel pracovat v nepříznivých podmínkách a hrozilo jeho zranění nebo nedodržení podmínek výroby. Tyto aspekty se vyskytovaly např. v těžkém průmyslu, pásové výrobě a ve výrobě ve zhoršených přírodních podmínkách. Na tato místa se dnes nasazují roboty a manipulátory, které mají výhodu, že tyto strasti nepociťují, a tak není nijak ovlivněna samotná výroba. Výhodou je i nepřetržitá práce těchto zařízení. Robotizace nachází zcela zjevné uplatnění v hromadných a stereotypních výrobach, v dnešní době i v malosériových.

Přesto není možné používat automatizovanou výrobu všude. Všechny stroje mají svoji omezenou použitelnost a málokdy se setkáme se situacemi, kdy nám postačí pouze jeden automatizační prvek. V praxi je běžná jejich kombinace a proto je nutné vždy dobře zhodnotit, kdy použít jaký stroj či zařízení. Nevhodnému začlenění těchto prvků by se mělo v každém případě zabránit, jelikož to může mít dopad jak technický, tak i ekonomický. Nemá smysl pořizovat drahá multifunkční zařízení tam, kde postačí jednoúčelový manipulátor.

Ekonomické hledisko je dalším důležitým faktorem ve výrobě, které nelze přehlédnout. Pořizovací cena jednotlivých automatizačních prostředků není nízká. Pohybuje se ve statisících až milionech korun českých. Proto je důležitá již zmíněná správná volba zařízení pouze na místa, kde je to nutné nebo kde tím získáme námi požadovaný efekt.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 3
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

2. Definice pojmu robot

Název „robot“, ve smyslu nahrazení lidské činnosti, byl poprvé použit českým spisovatelem Karlem Čapkem v jeho velmi známé divadelní hře „Rossum's Univerzal Robots“, neboli „R.U.R.“ z roku 1920, kde jím označil uměle vytvořené bytosti vykonávající lidské činnosti. Karel Čapek však není jeho pravým autorem, tím je jeho bratr Josef Čapek. Oba bratři se totiž dlouho radili, jak by toto slovo mělo vypadat. Z původního návrhu „laboři“ (což má základ v latině) se přiklonili k českému slovu roboti. Toto slovo velice rychle zakořenilo v mysli laické i odborné veřejnosti a používalo se pro pojmenování různých automatických a mechanických strojů a zařízení. V současnosti je toto slovo aplikováno v celosvětovém měřítku a v průmyslu označuje obecně automatizované stroje, které zaujímají ve výrobě své pozice místo lidí a plně nebo částečně je dokáží nahradit.

Přesnou definici však v dnešní době v rámci robotiky nenajdeme. Existuje však několik definic, které se nejvíce blíží správnému poznání.

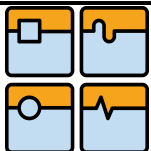
Definice publikována Doc. Ing. Ivanem Havlem, CSc. [4]:

„Robot je automatický nebo počítačem řízený integrovaný systém, schopný autonomní, cílově orientované interakce s přirozeným prostředím, podle instrukcí od člověka. Tato interakce spočívá ve vnímání a rozpoznávání tohoto prostředí a v manipulování s předměty popř. v pohybování se v tomto prostředí.“

Tato bakalářská práce se zabývá průmyslovými roboty, a proto zmíníme i definici průmyslového robotu:

Definice publikována Prof. P. N. Beljaninem [4] :

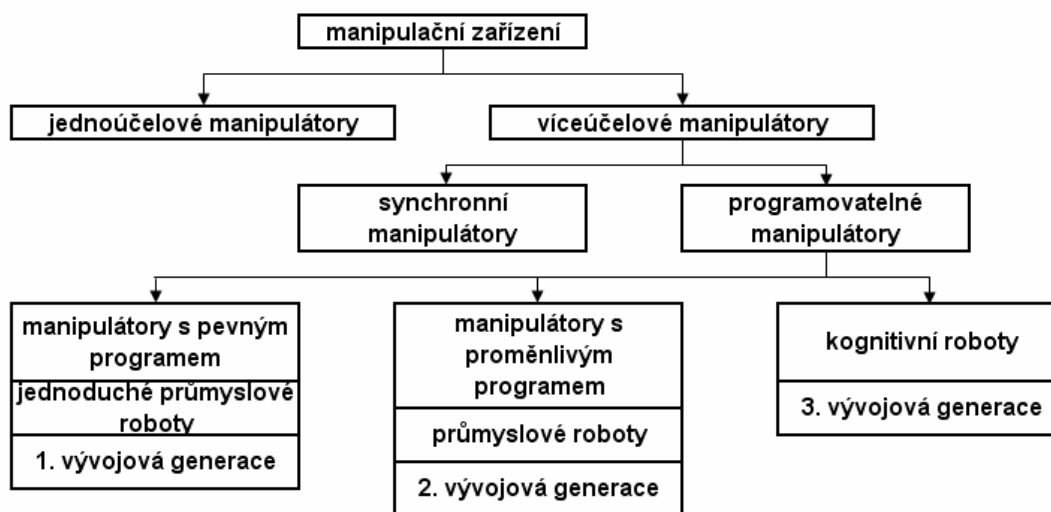
„Průmyslový robot je autonomně fungující stroj – automat, který je určen k reprodukci některých pohybových a duševních funkcí člověka při provádění pomocných a základních výrobních operací bez bezprostřední účasti člověka a který je k tomuto účelu vybaven některými jeho schopnostmi (sluchem, zrakem, hmatem, pamětí apod.), schopností samovýuky, samoorganizace a adaptace, tj. přizpůsobivosti k danému prostředí.“



3. Průmyslové roboty a manipulátory (PRaM)

3.1. Klasifikace průmyslových robotů a manipulátorů

Průmyslové roboty a manipulátory můžeme rozdělit, a pro lepší pochopení vysvětlit, podle tabulky rozdělení manipulačních zařízení – viz níže:



Tab. 1. Rozdělení manipulačních zařízení [9].

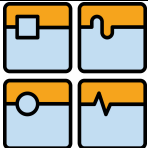
3.1.1. Jednouúčelové manipulátory

V provozu se vyskytují málokdy jako samostatný automatizační prvek. Nejčastěji jsou součástí obsluhovaného stroje, kde vykonávají jednu předem stanovenou funkci (pohyb). Zpravidla je to manipulace s předmětem, z toho také vyplývá jejich nejčastější název, jako je podávач, podávací zařízení, výměník atd. Jednouúčelové manipulátory jsou často, konstrukčně i energeticky, závislé na stroji, na kterém jsou umístěny (nemají vlastní druh pohonu).

3.1.2. Víceúčelové manipulátory

Od jednouúčelových manipulátorů se liší především větším rozsahem manipulačních možností a vyšší úrovní řízení. Podle jejich nasazení se tyto možnosti dále specifikují. Často mají vlastní pohon, řízení a konstrukčně jsou navrhovány tak, že rozhodujícími parametry jsou rozsahy jednotlivých pohybů, počet stupňů volnosti, přesnost polohování a maximální zatížení manipulátoru. Tyto manipulátory či roboty se konstruuji ve dvojím provedení a to jako stacionární nebo mobilní.

Stacionární manipulátory se nemohou volně pohybovat z místa na místo. Pohyb však bývá nahrazen umístěním například na pojezdu (translační pohybové jednotce), po kterém

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

manipulátor popojíždí a vykonává danou operaci. Řízení je docíleno buď přímým naprogramováním, nebo dálkovým ovládáním.

Mobilní manipulátory, často již nazývané autonomními lokomočními roboty, mají volnost i v pohybu. Nejsou konstrukčně spjaty s jedním místem v okolní technologické scéně. Často je u těchto robotů využíváno prvků umělé inteligence, které jim dávají možnost řešit situace, které se v daném okamžiku objevily, v rozmezí jeho naprogramování (autonomnost chování).

3.1.3. Synchronní manipulátory

Synchronní manipulátory jsou manipulátory, které se někdy nazývají také teleoperátory nebo exoskeletony. Řízení je prováděno řídicím pracovníkem. Tyto manipulátory tvoří s člověkem uzavřenou regulační smyčku, kde manipulátor slouží jako prvek pro zesílení silových a pohybových účinků, které vyvolal řídicí pracovník. Pracují na principu „master - slave“ nebo také označováno jako „man on-line“. To znamená, že člověk v této smyčce zaujímá prostor řídicí a dále vyhodnocující jednotky a manipulátor je výstupní jednotkou, konající konečný pohyb. Spojení mezi manipulátorem a řídicím pracovníkem je dosaženo buď připojením na pracovníkovu paži (nohu) nebo dálkově. S tímto druhem manipulátoru se můžeme potkat například v laboratořích nebo obecně v prostředí, které není vhodné, bezpečné, pro přímou práci člověka (radioaktivita, nedostatek vzduchu, nevyhovující teplota prostředí).

3.1.4. Univerzální manipulátory

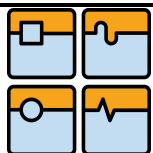
Univerzální manipulátory jsou také nazývány jako programovatelné, protože jejich ústrojí je funkčně závislé na řídicím programu. Tyto manipulátory, často už označovány jako roboty, jsou plně nezávislé na obsluhovaném stroji.

3.1.5. Manipulátory s pevným programem

Řídicí program u těchto manipulátorů je během pracovního procesu neměnný. Řídicí ústrojí má jednoduché provedení. Tento typ manipulátoru je velmi často používán a nazýván jako jednoduchý průmyslový robot.

3.1.6. Manipulátory s proměnlivým programem

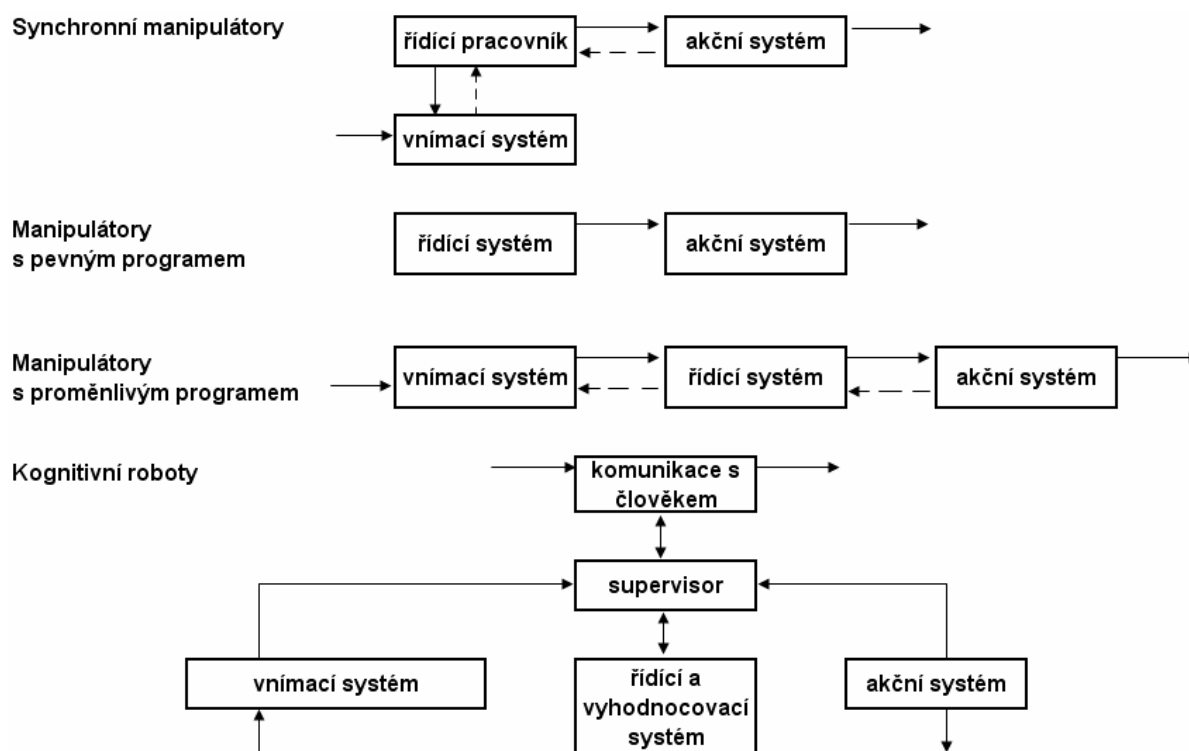
Řídicí jednotka těchto manipulátorů má možnost omezeně přepínat nebo měnit pracovní program během procesu, a tím reagovat na určité změny ve výrobním procesu. Tímto způsobem projevují již značnou samostatnost, a proto jsou právem nazývány průmyslovými roboty.



3.1.7. Kognitivní roboty

Jsou to manipulátory, které se vyznačují určitým stupněm samostatného vnímání a vyhodnocování situace (kognitivní proces = proces vnímání a racionálního myšlení), bez citového a volního jednání[9].

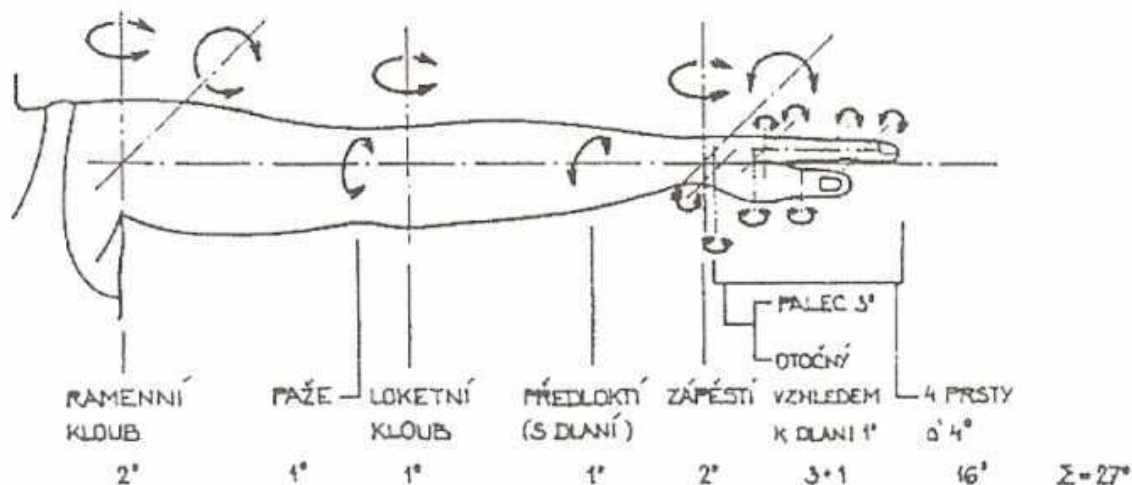
Vzhledem ke způsobu jakým se vykoná konečná operace, můžeme rozdělit jednotlivé typy manipulátorů na funkční bloky:



Tab. 2. Bloková schémata jednotlivých druhů PRaM [10].

Jak již bylo zmíněno, důležitou vlastností průmyslových robotů a manipulátorů je také počet stupňů volnosti, tím je nahrazována „lidská obratnost a pohyblivost“ u strojů při manipulaci s předměty nebo jiné činnosti. Dá se poněkud zjednodušeně říci, že čím má stroj více stupňů volnosti, tím se může lépe pohybovat a pracovat ve svém prostoru (manipulační a manévrovací vlastnosti).

Jako zajímavost lze uvést lidskou ruku, myšleno od ramenního kloubu po konce všech prstů, která má 27 stupňů volnosti (Obr. 1.).



Obr. 1. Určení počtu stupňů volnosti na lidské ruce [4].

3.2. Třídění PRaM

Podle úrovně inteligence můžeme průmyslové roboty rozdělit do vývojově generačních skupin. Toto rozdělení není jednoznačně určeno, jednotlivé generace se často prolínají a mají určité vlastnosti společné.

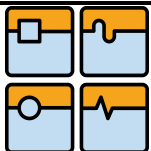
S rychlým vývojem robotizace a automatizace v dnešní době se často výše zmíněné roboty označují hromadně jako roboty „0-té generace“ a jejich nástupci se už řadí do vyšších generací. Toto rozdělení lze pochopit, jelikož nové integrované systémy a celkově počítačová technika je také o generaci dále než v minulém desetiletí. Zde však bude použito generační dělení, které je nejznámější a nejčastěji používané. Rozdělení do tří vývojových generací:

1. vývojová generace – do této první generace patří roboty s pevným programem, který je neměnný. Do robotu je nahrán program a opakuje se v určitém cyklu, ve kterém robot pracuje. Změna programu se dá provést rychle, a proto jsou tyto roboty používány často jako univerzální. Jejich využití je především v aplikacích, které jsou zaměřené na pohybovou aktivitu, například proces: „uchop a polož“ (pick and place).

2. vývojová generace – roboty v této generaci se vyznačují již určitým stupněm vnímání, kterého je dosaženo především pomocí senzorů (optické, hmatové,...) a snímačů (polohy, tlaku,...). Roboty pracují podle programu, který je složitější než u robotů v 1. generaci. Pro chod potřebují řídicí jednotku, kterou bývá často počítač.

3. vývojová generace – tyto roboty jsou vybaveny již prvky umělé inteligence. Dokáží reagovat, hodnotit a v jisté míře se i přizpůsobit okolí nebo se učit. Aby toto mohlo být docíleno, je zapotřebí složitějšího řídicího systému oproti předchozím generacím.

Jak již bylo zmíněno, jednotlivé generace se prolínají, takže můžeme i popisovat 1,5. generace a 2,5. generace.

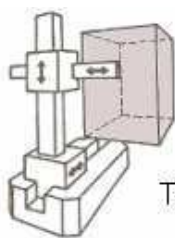


3.3. Základní typy PRaM

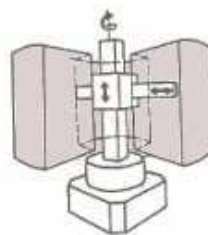
Základní typy PRaM jsou odvozeny od kinematických dvojic řetězce, který je použit jako základní pohybovací ústrojí. Pohyb průmyslových robotů a manipulátorů je založen na dvou pohybech – translaci (T) a rotaci (R). Jejich vzájemná kombinace umožňuje různé způsoby pohybu v pracovním prostoru (nejčastěji hovoříme o trojrozměrném prostoru).

Rozeznáváme čtyři základní typy:

- 1) Typ „K“ (TTT) – používá pravoúhlý (kartézský - K) souřadnicový systém. Je založen na pohybu pomocí trojnásobné translace pro pohyb v trojrozměrném prostoru, který nejčastěji bývá krychle nebo kvádr. Hlavními představiteli jsou PRaM, které splňují tuto podmínku a předmět, s kterým je manipulováno, nemění svoji orientaci vůči základním souřadnicím (například průmyslový robot od japonské firmy MANTA).
- 2) Typ „C“ (RTT) – používá válcový (cyklindrický - C) souřadnicový systém. Je založen na pohybu dvojnásobné translace a jedné rotaci v trojrozměrném prostoru. Pracovní prostor má tvar válce. Nejtypičtější představitel je robot, který koná rotaci kolem své osy a jeho rameno umožňuje pohyb vertikální a horizontální (rameno se vysouvá nebo naopak) – například průmyslový robot VERSATRAN 500.
- 3) Typ „S“ (RRT) – používá kulový (sférický - S) souřadnicový systém. U robotů tohoto typu je hlavní pohyb založen na dvounásobné rotaci a jedné translaci. Pracovní prostor je část nebo celý válcový prstenec. Translace zde bývá nejčastěji jako vysouvání (zasouvání) hlavního ramene. Robot dále rotuje kolem vertikální osy a přitom se může naklápět kolem této osy. Představitel těchto typů robotů je průmyslový robot UNIMATE.
- 4) Typ „A“ (RRR) – používá složený kulový (jinak nazýván také torusový, antropomorfní, multiúhlový nebo angulární) souřadnicový systém. Základní kinematické pohyby jsou odvozené od trojnásobné rotace. Pracovním prostorem je kulový segment. Výhodou těchto robotů je dobrý pohyb ve svém pracovním prostoru s možností práce i blízko své konstrukce. Díky kinematice se dokáží snadno vyhýbat v prostoru překážkám. Představitelem této skupiny je průmyslový robot ASEA. První robot této švédské značky byl vyroben v roce 1974 a nesl označení IRB 6. Nosnost ramene byla 6kg.



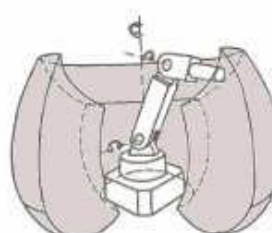
Typ "K"



Typ "C"



Typ "S"



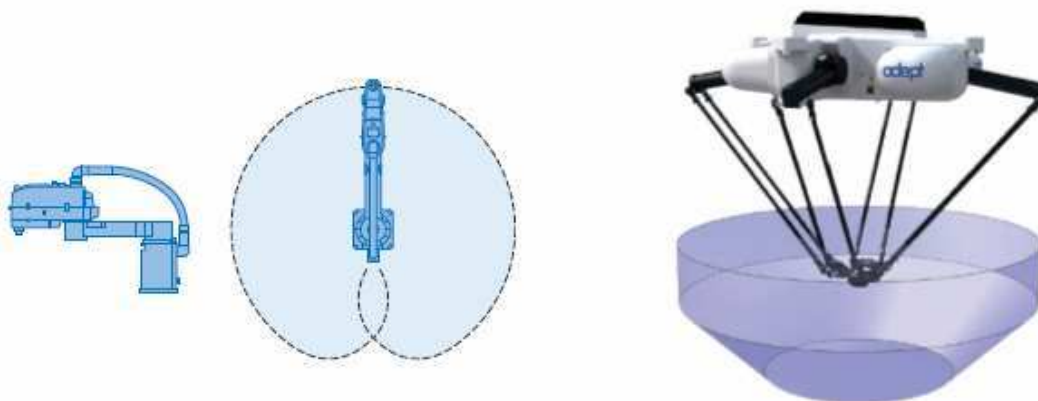
Typ "A"

Obr. 2. Schéma základních typů PRaM s pracovními prostory [1].

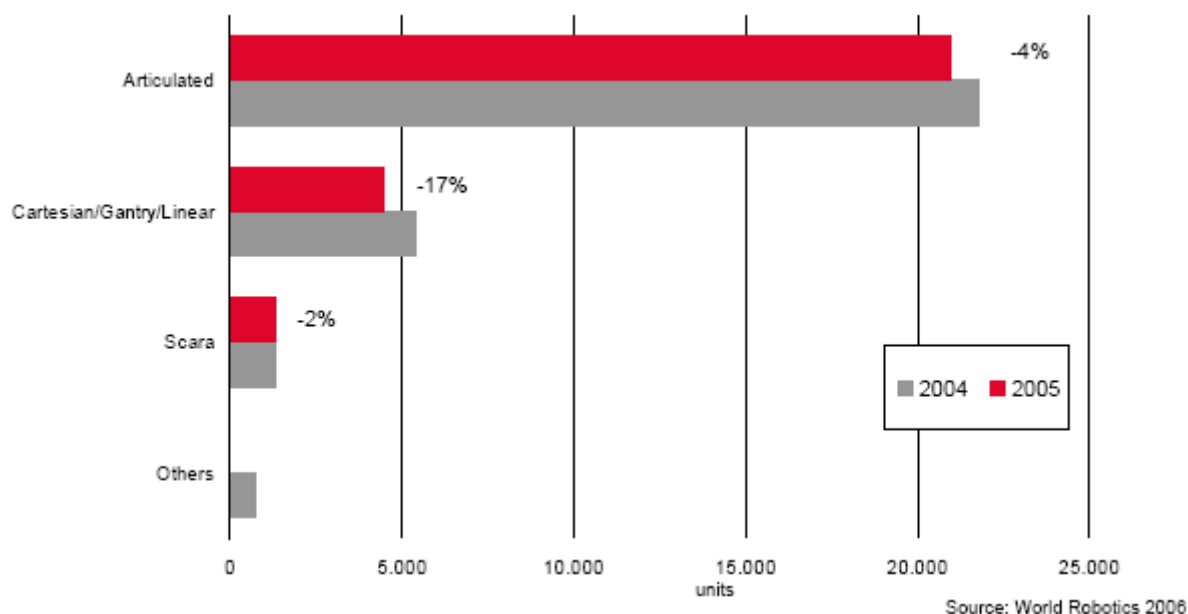
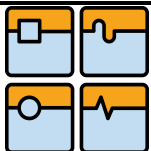
Od základních typů PRaM můžeme odvodit další, pokročilejší typy. Většinou dochází ke kombinaci jednotlivých typů za vzniku robotizované jednotky, která má lepší pohybové vlastnosti ve svém dimenzovaném prostoru a následné přidání dalších kinematických dvojic, což vede k zvýšení počtu stupňů volnosti.

Odvozeným typem robotu je například robot „SCARA“, který je kombinací od typu „C“ (RTT) a typu „A“ (RRR). Používá kulový souřadnicový systém, ve kterém se pohybuje pomocí trojnásobné rotace a jedné translaci. Pracovním prostorem je prstenec. Tento typ robotu je využívám především na aplikace, jako jsou například montáž, balení a manipulace s menšími součástkami (tzv. „uchop a ulož“).

Další odvozeným typem robotu je „Paralelní“ PRaM. Jeho kinematika je založena na pohybu pomocí určitého počtu pracovních ramen (nejčastěji 3-ramenný, 4-ramenný), které jsou pevně spojeny v místě akčního členu robotu. Aplikace, ke kterým je využívám, jsou především paletizace a manipulace s materiálem.

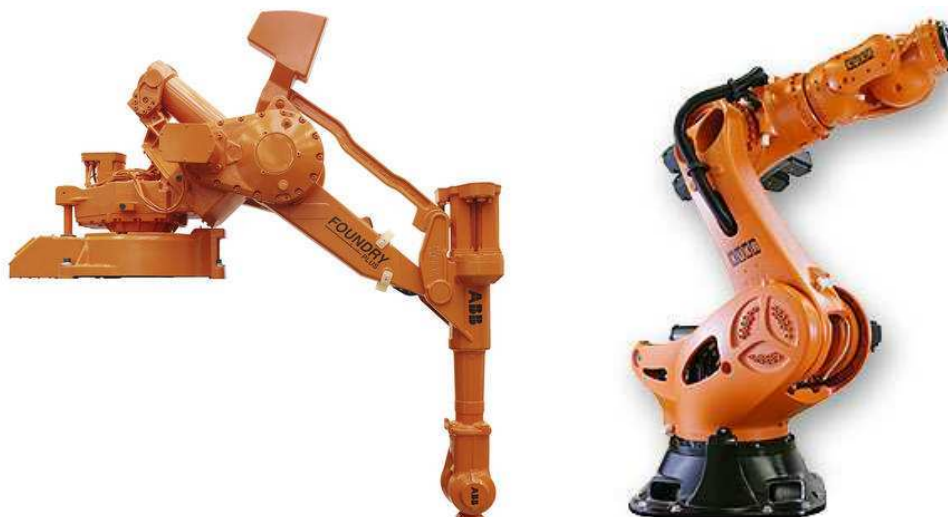


Obr. 3. Znázornění robotu SCARA a paralelního robotu s jejich pracovními prostory [17],[19].



Obr. 4. Přibližné pokrytí jednotlivých typů PRaM v Evropě v letech 2004-2005 [18].

V současnosti se člověk nejvíce setkává s roboty se strukturou RRR, tj. angulárním (víceúhlovým) pracovním prostorem. Tyto roboty pokryjí velký pracovní prostor a přitom samotná velikost robotu je relativně menší. Mají vysokou pohyblivost ve svém definovaném pracovním prostoru. Výrobou těchto druhů robotů se zabývá většina firem, protože v nich vidí budoucnost, ale není nijak opomíjen ani zájem o ostatní druhy robotů.



Obr. 5. Robot od firmy ABB s protizávažím a robot KR 1000 titan firmy KUKA s užitným zatížením 1000 kg.



Některé aplikace byly dříve specifické pro určité druhy robotů, dnes toto už není pravidlem. Například pro přemísťování těžkých objektů se dříve používaly především roboty s kartézským souřadným systémem, nejčastěji konstrukčně řešeny jako portálové roboty nebo roboty typu „C“ (RTT). Robot typu „C“ musel být konstrukčně sestaven s protizávažím, aby částečně kompenzovalo zatížení, které je vyvolané manipulovaným objektem (viz. Robot firmy ABB obr. 3.). V současnosti se snaží firma ABB upouštět od tohoto způsobu, jelikož průmyslový robot má částečně omezen svůj pracovní prostor.

V posledních letech se i angulární roboty dostávají na pole působnosti i v těchto aplikacích nespécifických pro ně samotné. Firma KUKA v současnosti vyrobila průmyslový robot, který dokáže přemístit objekt o hmotnosti až 1000 kg. Tento robot pracuje na principu dvou servomotorů, určených pro každou hlavní osu.

3.4. Definice pracovního prostoru PRaM

Jedno z kritérií použitelnosti PRaM, které nás zajímá, je i to, do jakých poloh se pracovní rameno dostane a ve kterých dokáže ještě manipulovat s objektem. Je nutné si proto definovat pojmy jako pracovní prostor a manipulační prostor.

Pracovní prostor je prostor, ve kterém dokáže PRaM pracovat a plnit požadavky kladené výrobou.

Manipulační prostor neboli také operační – pracovní prostor bývá zpravidla větší a to o část, která je dána pohybem PRaM jako hmoty samotné. Je to prostor, do kterého robot při práci může zasáhnout jakoukoliv svojí částí. Pohyb PRaM je v dnešní době velice rychlý a proto z bezpečnostních důvodů by měl být tento prostor přesně vymezen a hlídán některými snímači.

3.5. Stručný přehled výrobců PRaM

Vývojem a výrobou PRaM se na celém světě zabývá mnoho firem. Tyto firmy se snaží zdokonalit nynější typy a vyvíjet další, které budou splňovat stále náročnější požadavky na výrobu (provádění operací s vyšší přesností, rychlejší polohování, vyšší opakovatelnost apod.). Zde je uveden stručný přehled nejvýznamnějších výrobců PRaM:



ABB Automation Technologies Robotics



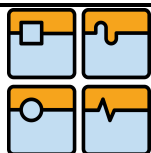
Carl Cloos Schweißtechnik GmbH



KUKA Robot Group



**FANUC Ltd., FANUC Robotics Europe S.A,
FANUC Robotics America, Inc.**



REIS Robotics



NACHI Robotic Systeme Inc.



Mitsubishi Electric Europe B.V.



ADEPT Technology



KAWASAKI Robot



VALK WELDING



GÜDEL AG

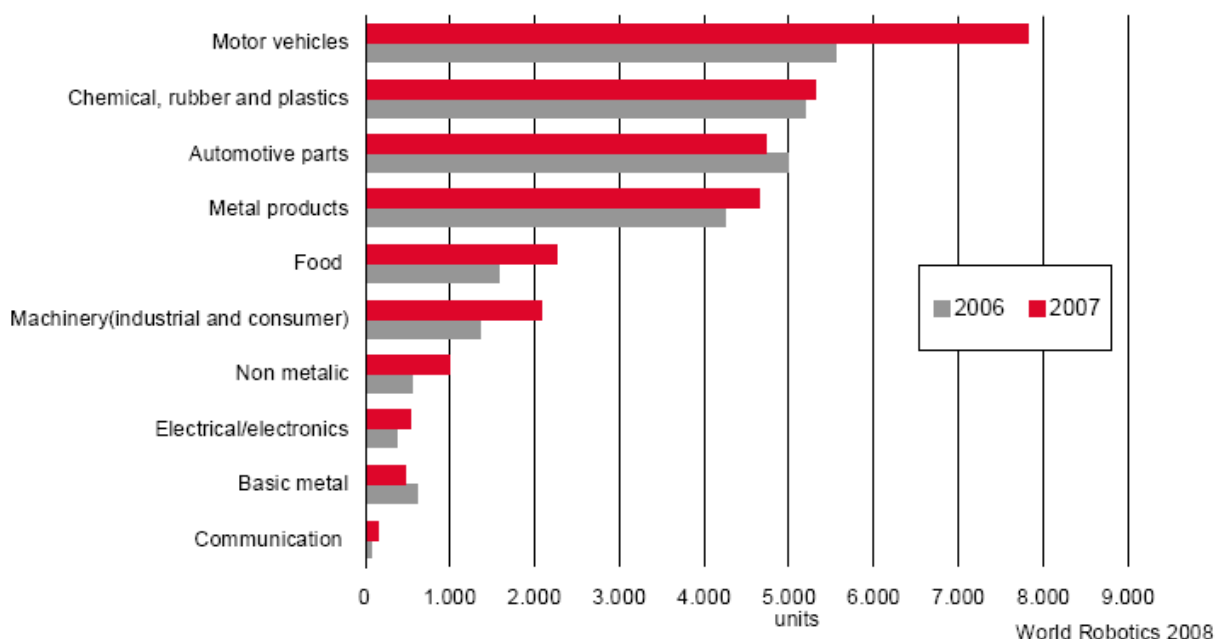


YASKAWA Electronics Corporation Robotics Automation div.



4. Technologie obrábění vhodné pro robotizaci

V současnosti je robotizace velkým trendem v průmyslu strojírenském i elektrotechnickém. Dochází ke snaze co nejvíce zrychlit výrobu současně s požadavkem na nízké náklady. Toto je dáno i konkurenčním bojem jednotlivých firem na trhu. Robotizace našla své uplatnění téměř v každém současném průmyslovém odvětví (chemický průmysl, potravinářský, automobilový, apod.).

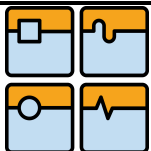


Obr. 6. Přibližné roční pokrytí průmyslových robotů v jednotlivých průmyslových oblastech v Evropě v letech 2006 a 2007 [18].

Ve strojírenském průmyslu se PRAm používá čím dál více jako náhrada za i méně kvalifikovaného manuálního pracovníka (dříve dělníka, nyní operátora ve výrobě), což potvrzují i statistické údaje, které byly zpracovány organizací IRF (International Federation of Robotics) v roce 2008. Každé pracoviště dnes funguje díky předem stanoveným technologickým procesům, které jsou základním kamenem pro implementaci automatizované výroby. Výhody robotů oproti člověku jsou známy a zřejmé. Robot nepotřebuje přestávky, nepocítí únavu, stres, bolest, hluk, atd. Robot dokáže pracovat ve zhoršených podmínkách, aniž by potřeboval ochranné pomůcky jako člověk (s výjimkou lakování a nanášení nátěrových hmot). Ve většině případů je jeho konstrukce značně přizpůsobená práci, aniž by byl sám ve výrazném provozním ohrožení.

Technologie, kde se dnes používají PRAm jsou například: odlévání, svařování, tváření, balení, lisování, obrábění (frézování, soustružení, broušení, atd.) i lakování. Jedná se zde především o práci, která nahrazuje lidské manipulační úkony např. s obrobkem robotem a pro celkovou lepší synchronizaci s výrobním strojem.

Obrábění je nejvýznamnější strojírenská technologie. Je to proces, který se vyznačuje vysokým počtem manipulačních úkonů s materiálem (součástí jako polotovar, polovýrobek



i hotový výrobek), při dosažení námi stanovené dostačující přesnosti na obrábění. Roboty jsou často zde umístěny mezi obráběcí stroj, dopravník a zásobník (periferní zařízení).

Činnost robotu může být například následující: průmyslový robot či manipulátor po své aktivaci vysune pracovní rameno ze základní polohy nad příchozí dopravník a pomocí senzorů rozpozná součástku. Tuto uchopí a přesune jej do sklíčidla stroje-soustruh, kde ji po upnutí uvolní. Vráť se do své výchozí polohy. Po částečném obrobení obrobek otočí, vyčká, než ofukovací zařízení očistí sklíčidlo od případných třísek a podle definovaných parametrů provede opětovné upnutí. Dochází k závěrečnému obrobení, po kterém PRaM obrobek vyjme a přesune na odebrací dopravník.

Jeden robot však nemusí obsluhovat pouze jeden obráběcí stroj, zvláště pokud není jeho součástí či na něm jinak fyzicky závislý. Samotné obráběcí operace trvají vždy předem stanovený čas a po tuto dobu vznikají prostoje PRaM. Pokud by bylo robotizované pracoviště dobře zvoleno, tak nemusí být u každého obráběcího stroje jeden robot, ale jeden robot může obsluhovat více strojů najednou při žádné, nebo jen minimální časové ztrátě.

4.1. Stručný přehled a výběr vhodných typů obráběcích strojů pro robotizaci

Zavedení robotizace do výrobního cyklu je možno pouze na pracovištích, které jsou po technické stránce schopna využít tuto aplikaci. Výrobní stroj musí mít řídicí jednotku, která jde synchronizovat s průmyslovým robotem či manipulátorem a zároveň musí také splňovat:

- dobrý přístup k pracovnímu vřetenu
- programové otevírání a zavírání ochranných krytů
- programové ovládání upínacích přípravků (např. sklíčidlo)
- programové ovládání cyklu obrábění

Toto jsou podmínky, které v dnešní době splňuje většina moderních strojů. Rozdělit tyto stroje můžeme například:

- Obráběcí centra
- Programově řízené obráběcí stroje
- Stavebnicové stroje
- Výrobní linky

4.1.1. Obráběcí centra (OC)

Obráběcí centrum (soustružnické, frézovací) je vysoce produktivní stroj, který slouží pro obrobení součásti při minimálním počtu opětovného upnutí. Je to kombinace více strojů pro umožnění většího spektra operací na jednom stroji (frézovat, vrtat, vyvrtávat, vystružovat, řezat závity, soustružit apod.). Je řízen řídicím systémem, jehož základní jednotkou je počítač. Průmyslový robot nebo manipulátor zde může být integrovaný (pevně spjatý se strojem), nebo umístěn mimo stroj. Vykonává zde především obsluhu obráběcího centra ve formě manipulace se součástmi. Některá obráběcí centra jsou konstruována s integrovaným manipulátorem, který provádí výměnu nástrojů ze zásobníku nebo manipulaci s technologickými paletami uvnitř obráběcího centra.

Obráběcí centrum má plno výhody oproti konvenčním strojům:

- vyšší produktivita výroby



- snížení nároků na přípravky a výrobní pomůcky
- koncentrace různých druhů obráběcích operací na jednom stroji
- možnost použít méně kvalifikovaného pracovníka
- vyšší přesnost výroby díky možnosti provádět více operací na jedno upnutí



Obr. 7. Obráběcí centrum TOSTec Prima v základním provedení, které lze obohatit o automatizační prvky (např. manipulátor nástrojů) [14].

4.1.2. Programově řízené obráběcí stroje

Mezi tyto obráběcí stroje patří NC a CNC stroje, kde řídicí program je zaznamenán na určitém čtecím médiu (dříve děrná páska, disketa,... dnes CD nebo vlastní paměť počítače).

Přívlastek CNC značí, že se jedná o stroje „počítačem řízené“, které podle svého naprogramovaného programu obrábí součást. Robot většinou obsluhuje více těchto strojů než pouze jeden. Jeho poloha je nejčastěji mezi dopravníkem a tímto výrobním strojem.

Programově řízené stroje můžeme rozdělit:

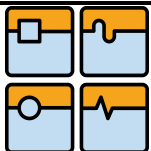
- automaty a poloautomaty
- jednoúčelové a univerzální

Obráběcí poloautomaty jsou stroje, kde výrobní obráběcí cyklus probíhá automaticky, ale operátor zde musí provádět upínání, umístění a následné odebírání součástí. PRaM, nejčastěji PR, zde zastávají funkci právě zmíněného operátora.

Obráběcí automaty jsou výrobní stroje, které se od poloautomatických liší tím, že celý pracovní cyklus probíhá automaticky. Toto je většinou docíleno integrovaným PRaM v konstrukci samotného obráběcího stroje, který obsluhuje celý stroj. Ze zásobníku odebírá polotovary a upíná je do stroje.

Jednoúčelové stroje jsou konstruovány pro obrábění určitého výrobku specifických rozměrů. Tento druh stroje jde obvykle velice špatně přednastavit na výrobu jiného výrobku.

Univerzální obráběcí stroje jsou konstrukčně řešeny tak, aby šli použít pro výrobu různých součástí při použití různých operací.



Obr. 8. CNC soustruh TM8 od firmy HURCO. Jedná se o univerzální poloautomatický obráběcí stroj. [15].

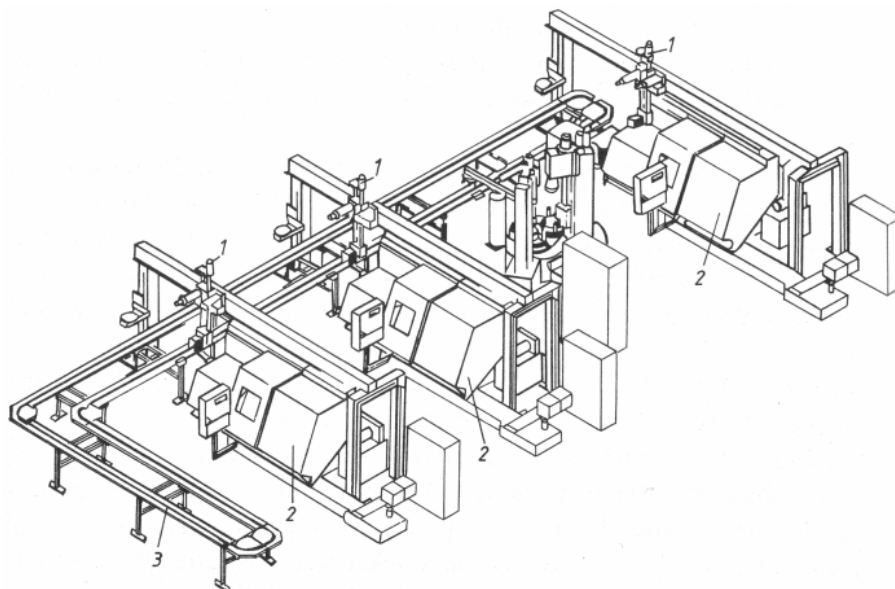
4.1.3. Stavebnicové stroje

Jedná se o stroje, které se skládají z normalizovaných dílů a částí. Tyto stroje jsou používány z důvodů, že mají vlastnosti a výhody jednoúčelových strojů, ale dají se rychle přestavit na výrobu jiného výrobku. Změna je jednodušší a často i ekonomická. PRaM u těchto výrobních strojů zastávají činnost obsluhy, popřípadě provádí výměnu nástrojů.

4.1.4. Výrobní linky

Výrobní linky se skládají z více výrobních strojů, které jsou seřazeny za sebou podle výrobního postupu a jsou spojeny periferním zařízením (nejčastěji dopravníkem, automatické upínání a uvolňování, mazání, signalizace, odvod třísek).

Jedná se o výrobu, která musí být automatizovaná, aby měla náležitý výrobní i ekonomický efekt. Automatizace je zde docílena právě použitím PRaM, které zde pracují na pozici operátorů jednotlivých strojů a zabezpečují celkový chod pracoviště. Výrobní linky se skládají jak z jednoúčelových, speciálně konstruovaných, tak i univerzálních programově řízených strojů.



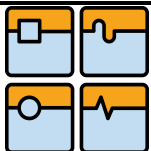
Obr. 9. Ukázka výrobní linky, která se skládá: 1 – manipulátor, 2 – obráběcí stroj, 3 – dopravník. [21].

4.2. Možnost nasazení PRaM v oblasti obrábění

Samotný proces obrábění se vykonává na obráběcích strojích, které mohou obsluhovat právě roboty. Z analýzy činností PRaM v obrábění lze vyvodit jejich možnosti nasazení.

Nejčastější činnosti, které jsou realizovány PRaM v oblasti obrábění jsou manipulace, obsluha a následná montáž v pracovním cyklu. Obráběcí stroje jsou obsluhováni PRaM, který do nich vkládá obrobky a následně odebírá hotové součásti, které dále přesouvá na uvedená místa.

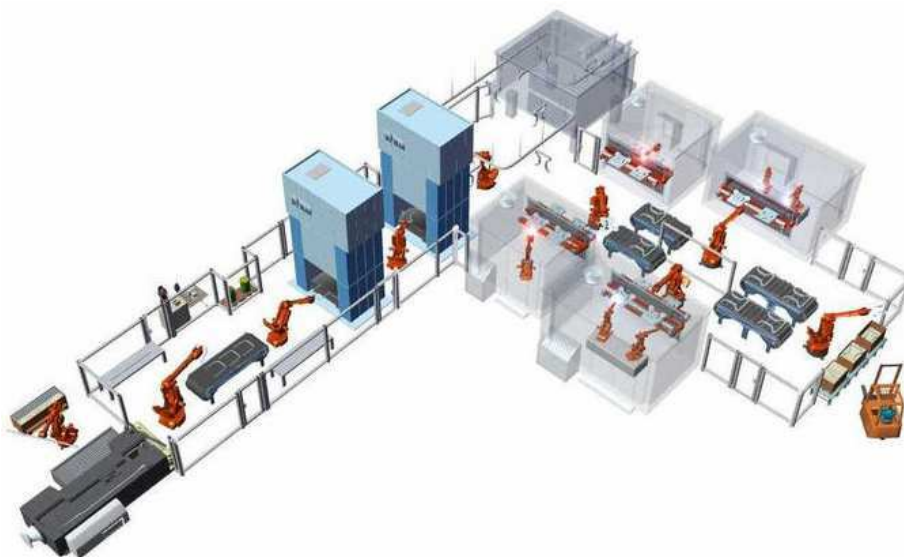
Samotný průmyslový robot málokdy vykonává nějakou obráběcí operaci. Výjimkou jsou například aplikace, kde robot může mít pracovní hlavici koncipovanou jako nosič nástroje (malá vrtačka, bruska, kartáč na čištění apod.).



5. Robotizované technologické pracoviště (RTP)

RTP je celek, který vznikl po začlenění robotů do výrobních procesů. Je to účelové seskupení technologických zařízení a PRaM, které vykonává podle naprogramování v cyklech požadované operace. Každé takové pracoviště je ve své podstatě jedinečné a musíme přihlížet ke specifikacím samotné výroby a rozdílnosti při nahrazení lidského faktoru robotem.

V současnosti jsou výrobní stroje už dostatečně přizpůsobeny pro obsluhu průmyslovým robotem nebo manipulátorem. Většina z nich má zajištěn dobrý přístup ke vřetenu, což je podmínkou, takže automatizovaná obsluha dokáže při správném nastavení a díky řídicímu systému provádět v synchronizaci se strojem automatické upínání, výměnu nástrojů apod.



Obr. 10. Možná podoba RTP v podniku [16].

Realizace RTP se může provést takto:

- jeden PR nebo M, jeden výrobní stroj a periferní zařízení
- jeden PR nebo M, několik výrobních strojů a periferní zařízení
- více PR nebo M, jeden výrobní stroj (jedná se především o speciální zařízení, které je více náročné na obsluhu) periferní zařízení
- více PR nebo M, více výrobních strojů a periferní zařízení

Dále můžeme i tyto pracoviště dělit i podle pohybových vlastností PRaM, tzn., je-li stacionární nebo mobilní.

Největší rozmach byl zaznamenán například v automobilovém průmyslu, kde vznikají celé automatizované linky pro svařování konstrukcí karosérií automobilů. Několik robotizovaných pracovišť, seřazených za sebou, svařují postupně celou konstrukci karosérie automobilu nebo jiných částí.

Pro správnou realizaci RTP je vždy důležité mít příslušné znalosti o použité technologii a technologickém postupu. Musíme přesně vědět, jaké požadavky samotná technologie výroby potřebuje a jak přesně probíhá výrobní proces. Z technologického postupu dále vyplývají požadavky na obráběcí stroje a další přídatná zařízení, která společně s PRaM a výrobními stroji vytvářejí komplexní robotizované systémy.



Tyto přídatná zařízení se často nazývají periferními (manipulačními). Pod tímto pojmem si můžeme představit velké množství zařízení, které nám zajišťují jednoduché pohyby s objektem (obrobek) do pracovního prostoru průmyslového robota, následně i ven z jeho pracovního prostoru a další navazující manipulaci. Vhodné začlenění periferních zařízení má za následek zkrácení prostojů jednotlivých výrobních procesů a zefektivnění mezioperačního času, například na manipulaci.

Periferie nebo periferní zařízení můžeme rozdělit podle tří základních hledisek:

1. rozdělení podle funkce – periferní zařízení přemísťují objekty tak, že dochází pouze ke změně polohy těžiště, pouze ke změně orientace nebo dochází ke změně jak polohy těžiště, tak i orientace.

2. rozdělení podle konstrukce – podle konstrukce je možno rozčlenit periferie na dopravníky, otočné stoly a křížové stoly, zvedací a manipulační zařízení, palety, vozíky, atd.

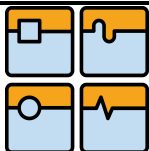
3. rozdělení podle umístění v RTP – vstupní, výstupní, mezioperační a pomocné zařízení.



Obr. 11. Článkový dopravník v plastovém provedení firmy ATES, s.r.o. [12]

Samotná funkce a řízení robotizovaného pracoviště je pak zajištěna pomocí snímačů (kontaktní, bezkontaktní). Snímače zaznamenávají jednotlivé polohy materiálů, PRaM a komplexně kontrolují celkovou činnost výrobního procesu společně i s tím, jestli se v dané oblasti nenachází nějaký objekt, který by zde neměl být (například náhodná přítomnost člověka). Pokud by se tak stalo, došlo by k zastavení celého procesu a následné lidské kontrole.

Návrh RTP pro oblast obrábění může vypadat například následovně: Nejdříve vyhodnotíme operaci, kterou chceme provádět a zvolíme příslušný stroj. Stroje dělíme podle hlavního pohybu (přímočarý pohyb, rotační pohyb- obrobku, nástroje) a pak podle samotného provedení (univerzální stroj nebo speciální stroj, NC nebo CNC stroj, linky, atd.) Podle technologického postupu navrhne základní rozmístění strojů a zvolíme příslušný typ PRaM, které dokáže manipulovat s obrobky, popřípadě jinak obsluhovat námi navržený obráběcí stroj.



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

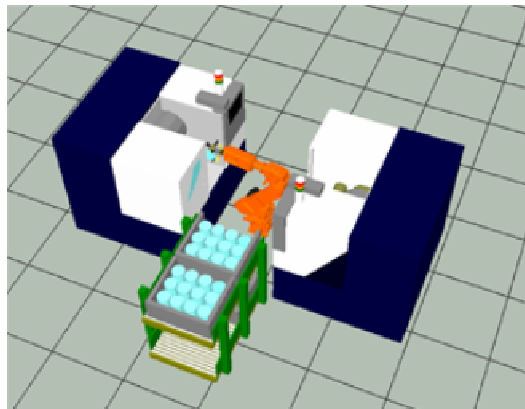
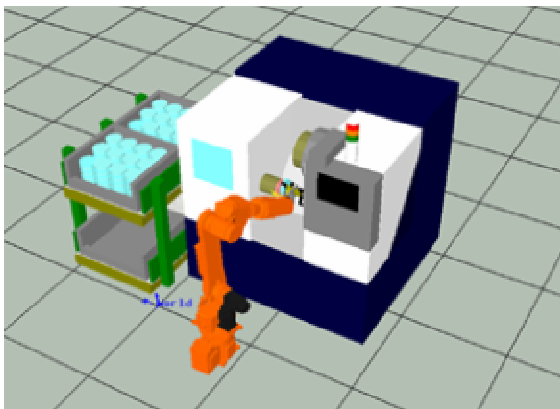
PRaM by měl být volen přiměřeně, podle aplikací, které po něm vyžaduje technologický postup, aby vykonával a podle našeho nejlepšího úsudku, aby nedošlo k nevhodné, často finančně náročné, volbě. Námi navržené základní pracoviště doplníme o periferní zařízení a centrální řídicí jednotku.



6. Příklady realizovaných RTP

6.1. RTP nalezené na internetu

Zde je znázorněné pracoviště v oblasti obrábění, kde probíhá výroba na obráběcích CNC soustruzích, které jsou obsluhovány robotem MC20 od výrobce NACHI. Robot si odebírá polotovary z přistaveného zásobníku, který postupně vkládá do jednotlivých výrobních strojů. Pracoviště může být vytvořeno jedním strojem a robotem nebo pro zefektivnění výroby (zkrácení časových prostojů robotu, více výrobních strojů v provozu apod.) může jeden průmyslový robot obsluhovat více obráběcích strojů, jak je tomu i ukázáno na druhém obrázku. Lidský pracovník na pracovišti tohoto typu je nutný pouze jako operátor robotu a při odebírání hotových součástí a následné umístění nového zásobníku s materiálem.



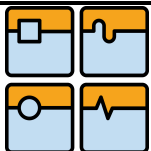
Obr. 12,13. Počítačový návrh RTP v oblasti obrábění. Obsluha CNC soustruhů průmyslovým robotem MC20 [20].

6.2. RTP v podniku ZKL, a. s. Brno

Brněnský podnik ZKL, a. s. se zabývá především výrobou dvouřadých soudečkových ložisek. Kvalita hotových výrobků a celého programu je závislá na výrobních podmínkách a vysokých požadavcích zákazníka. Pro zlepšení pracovních podmínek, dosažení vyšší kvality výrobku a zároveň snížení režijních nákladů zavedl podnik pro výrobu dvouřadých soudečkových ložisek v současnosti také dvě robotizovaná pracoviště.

6.2.1. RTP s obsluhujícím robotem FANUC

Robotizované pracoviště s obsluhujícím robotem FANUC se zabývá broušením vnějších a vnitřních kroužků dvouřadých soudečkových ložisek. Toto pracoviště bylo zkonstruováno v roce 2007. Na ložiskových kroužcích se brousí oběžná dráha soudečků a opěrné plochy. Celé pracoviště se skládá ze dvou brousících strojů BDA 300 CNC, CNC brousící stroj JUNKER EJ 31 a průmyslového robotu FANUC R-2000iB/165F. Jako periferní zařízení jsou zde zvoleny dva pásové dopravníky. Jeden dopravuje do pracovního prostoru průmyslového robotu vnitřní a druhý vnější ložiskové kroužky. Průmyslový robot na tomto



robotizovaném pracovišti zastává funkci obsluhy všech tří brousících strojů, zakládá a vyjímá ložiskové kroužky.



Obr. 14. Zobrazení rozmístění jednotlivých strojů a robotu FANUC na pracovišti. Robot je situován tak, aby dobře obsluhoval jednotlivé prvky výroby, které se nachází v jeho pracovním prostoru.



Obr. 15. Průmyslový robot FANUC R-2000iB/165F použitý v podniku ZKL, a. s.

Pracoviště je konstrukčně řešeno tak, že po stranách průmyslového robotu jsou umístěny brousící stroje BDA 300 CNC, které brousí vnější kroužky, před robotem je umístěn CNC brousící JUNKER EJ 31 pro broušení vnitřních kroužků a za robotem je situován výstupní prostor, kde robot umísťuje již opracované kroužky. Pásové dopravníky jsou



umístěny vedle sebe mezi stroji BDA 300 CNC a JUNKER EJ 31. Průmyslový robot je vybaven pneumatickým hlavicí pro současné uchopení dvou ložiskových kroužků (opracovaný a neopracovaný kroužek).

Samotná výroba probíhá tak, že dopravníkem přijede neobroušený ložiskový kroužek, který je odebrán průmyslovým robotem a umístěn do stroje. Robot následně uchopí další kroužek a čeká na obrobení kroužku, který je ve stroji. Jakmile je tento kroužek obroben, vyjme ho ze stroje a přetočení hlavice umístí do stroje nový neopracovaný kroužek a již opracovaný kroužek následně přesune do výstupního prostoru ke kontrole.

Celé pracoviště je využíváno v jednosměnném provozu a řešeno tak, že jeden průmyslový robot obsluhuje zároveň tři obráběcí stroje. Toto pracoviště potřebuje minimálně jednoho pracovníka, který bude zakládat ložiskové kroužky na dopravníky a následně kontroluje již obroušené kroužky a ukládá je do připravených kontejnerů.

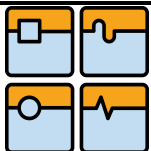
6.2.2. RTP s portálovým manipulátorem GÜDEL

Robotizované pracoviště s portálovým manipulátorem GÜDEL je využíváno v podniku ZKL, a. s. k broušení vnějších ložiskových kroužků a je začleněno do výrobního procesu od března roku 2009. Pracoviště se skládá ze dvou brousících strojů BDA 400 CNC, chladicí nádrže a portálového manipulátoru GÜDEL. Periferní zařízení je zde umístěno na kraji celého pracoviště ve formě dvou dopravníků s hydraulickým podavačem ložiskových kroužků pro jejich následné odebrání manipulátorem. Manipulátor je vybaven dvěma uchopovacími rameny. Jedno rameno pracuje s obrobenými ložiskovými kroužky a druhé s neobrobenými. Manipulátor se pohybuje s kroužky v prostoru na brousícím stroji a zakládá je do nich pomocí dvířek, které jsou umístěny v horní části každého stroje.



Obr. 16. Portálový manipulátor GÜDEL s dvěma uchopovacími rameny.

Samotný průběh výroby probíhá tak, že manipulátor vyjme s pomocí podavače z dopravníku neobrobený ložiskový kroužek, který následně umístí do prvního brousícího stroje. Zde probíhá hrubovací operace. Po jejím dokončení manipulátor vyjme tento kroužek a pomocí druhého ramene umístí nový neobrobený kroužek. Kroužek, který prošel hrubovacím cyklem, je manipulátorem ponořen do chladicí nádrže a následně umístěn do druhého brousícího stroje pro dokončení přesného rozměru. Tento stroj je vybaven měřicí stanicí, která



kontroluje broušený rozměr, aby odpovídal výrobním přesnostem. Po dokončení tohoto cyklu je manipulátorem obrobek vyjmut a umístěn na výstupní dopravník.

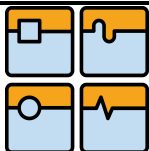


Obr. 17. Vkládání hotového ložiskového kroužku na výstupní dopravník.



Obr. 18. Odebírání hotového ložiskového kroužku ze stroje.

Celé pracoviště je konstruováno tak, že k jeho obsluze stačí pouze jeden operátor, který zakládá nepracované ložiskové kroužky a vyjímá hotové, popřípadě kontroluje celý výrobní cyklus. Manipulátor zde obsluhuje zároveň dva brousící stroje.



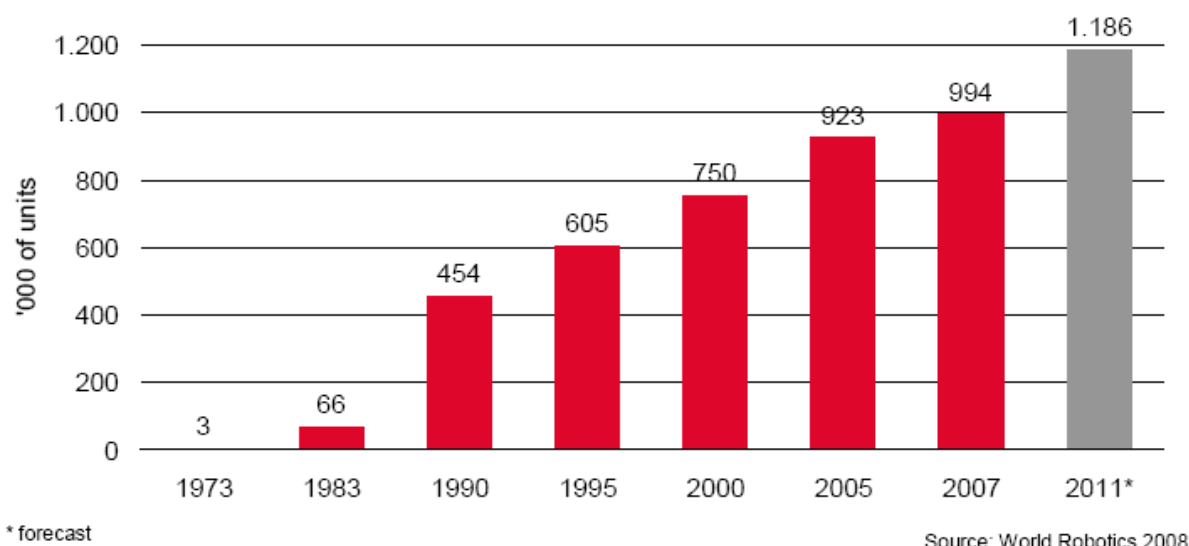
7. Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo přiblížit a rozčlenit použití PRaM ve strojírenské aplikaci obrábění. S těmito prvky robotizace se v jednotlivých výrobních sektorech setkáváme čím dál více. Je to díky rostoucímu celosvětovému trendu modernizace a zvyšování efektivity jednotlivých pracovišť. Cílem každé podnikové strategie je především vytvářet takové podmínky, aby se vyrábělo rychle, hodně a za co nejméně. Toto vše je důvodem, proč se v posledních desetiletích kladl velký důraz na rozvoj automatizace a robotizace. Výsledkem byl vznik a vývoj PRaM.

Jejich nasazení umožňuje nahradit lidského pracovníka strojem a tím, odebrat namáhavou, v mnoha případech, často monotónní práci. Také nahradit pracovníka v procesech, kde jsou zhoršené životní podmínky, díky kterým může docházet k zvyšování rizika zranění či nedodržení podmínek výroby, atd. V neposlední řadě dochází i ke snížení chyb vlivem lidského faktoru, díky zmenšení vlivu obsluhy na samotný výrobní proces a celkově ke zlepšení psychického blaha pracovníka na pracovišti.

Nezanedbatelný je i přínos z hlediska technicko – ekonomického, kdy firma zavádějící a dále využívající PRaM se dostává, z pohledu zákazníka a celého trhu, na vynikající úroveň z hlediska zavádění a používání moderních technických novinek.

V obrábění, a celkově v průmyslu, není možné zcela nahradit lidský faktor strojem v bezprostřední výrobě. Existuje plno pracovišť, kde člověk má své nezastupitelné místo, a proto volba PRaM a jednotlivých automatizačních prvků musí být správně volena s ohledem na použitelnost a využitelnost. Avšak dochází na těchto pracovištích ke změně z dřívějšího dělníka (nebo operátora ve výrobě) na kvalifikovaného pracovníka, který dokáže projektovat jednotlivá RTP, konstruovat navazující periferní zařízení a koncové efekторы a v neposlední řadě i samotné začleněné roboty programovat a obsluhovat.



Obr. 19. Přibližný počet provozuschopných PRaM ve světě v daných letech [18].

Z výše uvedených důvodů vyplývá, že v současnosti robotizace není pouze jen slovním pojmem, který využívají velké firmy k zefektivnění své výroby. Menší podniky již také začleňují do svých výrobních cyklů PRaM i přesto, že pořizující náklady na konstrukci

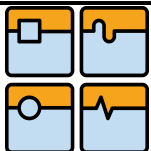


pracoviště jsou výrazně vyšší, jelikož výhody, které přináší tyto automatizační prvky, jsou nepřehlédnutelné a z dlouhodobého hlediska výhodné jak po stránce technologické, tak i ekonomické.

Toto vše je i důkazem stále rostoucí poptávky a tím i výroby a vývoje nových PRaM. Předpokládá se, že v roce 2011 bude v celosvětovém měřítku využíváno přes jeden milion těchto automatizačních prvků a tím bude docházet i k častějšímu setkávání s těmito prvky na pracovištích.

8. Použitá literatura

- [1] KOLÍBAL, Zdeněk, KNOFLÍČEK, Radek. *Morfologická analýza stavby průmyslových robotů*. vyd. Košice: VIENALA, 2000. 185 s. ISBN 80-88922-27-5.
- [2] BUZEK, Vladimír. *Periferní zařízení RTP*. Ostrava: Ediční středisko VŠB, 1993. 160 s. ISBN 80-7078-159-9.
- [3] BURKOVÍČ, Jan. *Navrhování RTP*. Ostrava: Ediční středisko VŠB-TU Ostrava, 2002. 114 s. ISBN 80-248-0217-1.
- [4] KOLÍBAL, Zdeněk. *Průmyslové roboty I: Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů (PRaM)*. Brno: skriptum VUT Brno, 1993. 188 s. ISBN 80-214-0526-0.
- [5] KOLÍBAL, Zdeněk, KADLEC, Zdeněk. *Průmyslové roboty II: Konstrukce výstupních hlav a periférií*. Brno: skriptum VUT Brno, 1993. 165 s. ISBN 80-214-0533-3.
- [6] KOLÍBAL, Zdeněk, EHRENBARGER, Zdeněk. *Průmyslové roboty III: Robotické systémy vyšších generací*. Brno: skriptum VUT Brno, 1993. 145 s. ISBN 80-214-0530-0.
- [7] KOLÍBAL, Zdeněk, BĚLOHOUBEK, Pavel. *Průmyslové roboty IV: Projektování výrobních systémů s PRaM*. Brno: skriptum VUT Brno, 1993. 88 s. ISBN 80-214-0532-5.
- [8] BUDA, Ján, KOVÁČ, Milan. *Priemyselne roboty*. Bratislava: ALFA, 1976.
- [9] CHVÁLA, Břetislav, MATIČKA, Robert, TALÁCKO, Jaroslav. *Průmyslové roboty a manipulátory*. Praha: SNTL, 1990. 280 s.
- [10] MATIČKA, Robert, TALÁCKO, Jaroslav. *Mechanismy manipulátorů a průmyslových robotů*. 2. přeprac. vyd. Praha: SNTL, 1991. 272 s.
- [11] TALÁCKO, Jaroslav, MATIČKA, Robert. *Konstrukce PRaM*, ČVUT Praha, 1995.
- [12] <http://www.ates.cz/produkty/dopravniky/clankove/clankove.html>
- [13] <http://www.abb.com/product/seitp327/657D58E39C804F64C1256EFC002860A7.aspx>
- [14] http://www.tosvarnsdorf.cz/files/TOSTec_CZ_2004_05.pdf
- [15] <http://www.obrabeci-stroje-hurco.cz/soustruhy-tm-8>



- [16] [http://www04.abb.com/global/gad/gad02007.nsf/0/C1870C4D21F3933DC12570C80036BD83/\\$File/Hydroforming%20line%202_720.jpg](http://www04.abb.com/global/gad/gad02007.nsf/0/C1870C4D21F3933DC12570C80036BD83/$File/Hydroforming%20line%202_720.jpg)
- [17] http://www.motoman.eu/Documents/1/Robot_series.pdf
- [18] <http://www.worldrobotics.org/modules.php?name=News&file=article&sid=3>
- [19] http://www.adept.com/products/robots/parallel/quattros650h/downloads/doc_view/130-datasheet-adept-quattro-s650h?tmpl=component&format=raw
- [20] http://www.nachirobotics.com/Products_and_Applications/Product_Overview/MC.html
- [21] ŘASA, Jaroslav, POKORNÝ, Přemysl, GABRIEL, Vladimír. *Strojírenská technologie 3 : Obráběcí stroje pro automatizovanou výrobu, fyzikální technologie obrábění 2.díl*. 1. vyd. Břevnov: Praha, 2001. 221 s. ISBN 80-7183-227-8.